

**EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN
ZUR VERSIEGELUNG VON ZAHNFLÄCHEN
MIT DEM KUNSTSTOFF N U V A – S E A L**

von Reinhard Closhen

1973

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde
der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität (Mainz)
(Direktor: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl)

Experimentelle Untersuchungen
zur Versiegelung von Zahnflächen
mit dem Kunststoff NUVA-SEAL

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Reinhard Closhen
aus Münster-Sarmsheim

Mainz 1973



Fachbereichsdekan: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl

Referent: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl

Koreferent: Prof. Dr. K. Fuhr

	Seite
1. Einleitung	3
2. Die Versiegelungsmethode	6
2.1. Allgemein	6
2.1.1. Entwicklung	6
2.1.2. Applikation	7
2.1.3. Zeitpunkt und Indikation	8
2.1.4. Klinische Erprobung	9
2.2. Haftung	10
2.2.1. Fissur	10
2.2.2. Mechanische Faktoren	11
2.2.3. Chemische Faktoren	13
2.2.4. Haftungsprüfung	14
2.2.5. Spaltbildung und Verlust	15
2.3. Härte	18
2.4. Oberfläche	20
3. Spezielle Fragestellung	21
3.1. Haftung	21
3.2. Härte	21
3.3. Oberfläche	22
4. Eigene Untersuchungen	23
4.1. Die Haftfähigkeit des Kunststoffes	23
4.1.1. Überprüfung der Haftung nach ther- mischer Behandlung	23
4.1.2. Untersuchungen zur Haftung nach mechanischer Beanspruchung	26
4.2. Untersuchungen zur Ermittlung der Mikrohärt	30
4.2.1. Vickershärt	30
4.2.2. Arbeitsweise des Prüfgerätes Optidur	31

	Seite
4.2.3. Prinzip der statistischen Auswertung	32
4.2.4. Ergebnisse der Untersuchungen mit dem Gerät Optidur	33
4.2.5. Arbeitsweise des Härteprüfers Durimet	36
4.2.6. Ergebnisse mit dem Gerät Durimet	36
4.3. Prüfung der Versiegelungsoberfläche	38
5. Diskussion	41
6. Zusammenfassung	45
7. Abbildungen	46
8. Literaturverzeichnis	56

1. Einleitung

Die große Verbreitung der Karies ist auch heute noch eines der wichtigsten Probleme der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Infolgedessen ist die ungeheure Literaturfülle nicht verwunderlich, die sich mit Hinweisen auf Notwendigkeit und Möglichkeiten der Kariesprophylaxe befasst.

Das Entstehen von Karies konnte bis heute nicht vollständig geklärt werden. Es gibt mehrere Theorien, die ihr Zustandekommen zu erklären versuchen. Die bekannteste und wohl generell anerkannte Theorie von M i l l e r (36) führt die Karies auf einen chemisch parasitären Prozeß zurück, der eine Demineralisation des Zahnschmelzes zur Folge hat. Unter Einwirkung von Azidobakterien werden aus Kohlehydraten über die Gärung Säuren gebildet, welche die anorganische Substanz angreifen. Die organische Substanz wird durch proteolytische Bakterien zersetzt.

Diese Theorie beachtet Kriterien, die auch heute noch als Bedingung für das Entstehen von Karies gelten.

Folgende Faktoren müssen gegeben sein: Das Vorhandensein von Mikroorganismen und von Kohlehydraten in der Mundhöhle und der Kontakt von Nahrung mit der Zahnoberfläche. (38)

An diesen Faktoren muß sich die Kariesprophylaxe orientieren. Die Mikroorganismen werden immer vorhanden sein, Kohlehydrate in der Nahrung sind nie ganz auszuschließen und der Kontakt zwischen Nahrung und Zahnoberfläche ist normalerweise immer gegeben.

Das Gebiet der Prophylaxe ist somit darauf beschränkt, Noxen fernzuhalten und ihren Angriff zu erschweren.

Zur Einschränkung der Karies fordert K ö n i g (32) Substratentzug und Unschädlichmachung der Stoffwechselprodukte der Bakterien. Ist das Angebot an Kohlehydraten geringer, kann entsprechend weniger von den Bakterien zu Säure umgesetzt werden. Was an Substrat zugeführt und umgesetzt wird, soll als Stoffwechselprodukt, oder noch bevor es zu diesem umgesetzt wird, nach jeder Mahlzeit durch Zahnreinigung entfernt werden. (51)

Eine Bestätigung der These, daß einfaches Zähneputzen, unabhängig ob Zahnpasta Verwendung findet oder nicht, eine wirksame Kariesprophylaxe darstellt (3) bietet die Untersuchung von B e r n e r (2). Er berichtet von schweizer Schulen, in denen konsequent Kariesprophylaxe betrieben wurde: Eine Kariesreduktion von 50 % konnte beobachtet werden. Im gleichen Zeitraum wurde eine starke Abnahme jugendlicher Gingivitiden registriert.

Das Fernhalten der Noxen vom Schmelz durch Umformung der Fissuren propagiert B o d e c k e r . (6, 7) Durch Ausschleifen enger Fissuren, die die Retention von Speiseresten begünstigen, formt er sie in breite, der Zahnbürste gut zugängliche Fissuren um.

Unumstritten ist diese Methode nicht, zumal als Prä - dilektionsstellen für Karies gerade breite und flache Fissuren genannt werden. (31)

Den breitesten Raum in der Literatur über Kariesprophylaxe nehmen die Schutzmaßnahmen mittels Fluor ein. Die Wirksamkeit dieser Methode und ihre Ungefährlichkeit sind erwiesen. (19, 53) Ihre besondere Bedeutung liegt in der Möglichkeit, die gesamte Bevölkerung gleichmäßig erfassen zu können. (19, 25, 20)

Einen anderen Weg, den Angriff der Noxe von vornherein

abzuwehren, bietet die Möglichkeit, die Fissuren eines Zahnes mit einem speziellen Kunststoff zu versiegeln. Von den Kunststoffen dieser Art (siehe unten) soll das von B u o n o c o r e entwickelte Versiegelungsmaterial "NUVA-SEAL" genauer untersucht werden.

Wenn auch der okklusale Zahnbereich gegenüber dem Approximalraum in geringeren Prozentzahlen von Karies befallen wird (47, 54), so bedeutet die Ausschaltung einer der beiden Hauptprädispositionsstellen (55) einen nicht zu unterschätzenden Schritt im Kampf gegen die Karies.

Anmerkung: Ein anderes Präparat ist Ma III von Kulzer. (29)
Hersteller von NUVA-SEAL: L.D.Caulk Company,
Milford, Del. (11)

2. Die Versiegelungsmethode

2.1. Allgemeines

2.1.1. Entwicklung

Die ersten Schritte in Richtung Versiegelung der Okklusalf Flächen von Zähnen unternahm G o r e im Jahre 1939. (23) Mit Nitrocellulose versuchte er die Fissuren abzudecken. Jedoch konnte er weder den Fissuren - boden ausfüllen noch eine dauerhafte Haftung erreichen.

Die Schwierigkeit eine ausreichende Haftfestigkeit zu erhalten, erwies sich in der Folgezeit als das Angel - problem.

Mit dem Erreichen einer stärkeren Haftung durch Ver - wendung von bis zu 85 % Phosphorsäure durch B u o n o - c o r e 1955 (9) und der Entdeckung der Cyanoacrylate durch C o o p e r 1959 (41) wurde der Weg zu dem heutigen Verfahren vorbereitet.

1966 benutzten T a k e u c h i und K i z u (50, 18) Äthyl-2-Cyanoacrylat als Flüssigkeit und Polymethyl - methacrylat als Polymer. Zuerst wurde die Lösung auf die Fissuren aufgebracht, dann das Pulver. Die entstandene Mischung wurde mit einem Stopfer in die Fissuren hineingedrückt.

Der ab 1967 von B u o n o c o r e benutzte Kunststoff ist nach eigener Aussage " eine feste, dicke Flüssig - keit, die als Hauptbestandteile 3 Gewichtsteile des Reaktionsproduktes Bisphenol A und Glycidil-Methacrylat und ein Gewichtsteil Methyl-Methacrylat-Monomers ent - hält. Vor der Anwendung werden 2,0 % Benzoin-Methyl-Äther in das Versiegelungsmaterial aufgelöst, um eine UV-empfindliche Zusammensetzung zuschaffen..." (11) Die Aushärtung erfolgt durch ultraviolettes Licht aus einer speziellen Lampe. Eine andere Zusammensetzung

des Kunststoffes enthält zusätzlich 5 % Kalzium-Hydroxid Apatit und 2,5 % Kalziumfluorid.

2.1.2. Applikation

Bevor diese Verbindung auf die Okklusalfäche aufgebracht werden kann, muß der Zahn eine spezielle Vorbehandlung durchlaufen.

Die Zahnfläche muß sauber sein. Wenn notwendig, erfolgt die Reinigung mit Bimsstein und Polierbürste. Nach Trockenlegung des Zahnes werden die zu versiegelnden Teile mit einer Konditionierungslösung (50 % Phosphorsäure - Lösung mit 7 % Gewichtsanteil Zinkoxid) eine Minute lang eingerieben. Anschließend werden die Zähne sorgfältig mit einem Wasserstrahl abgesprüht, um die Konditionierungslösung und die von ihr aufgelöste Substanz von der Zahnoberfläche zu entfernen. Trockenlegen des Zahnes mit ölfreier Druckluft ist die letzte Voraussetzung zum Aufbringen des Kunstharzes. (12)

Mit einem feinen Pinsel kann nun der Kunststoff auf die okklusalen Zahnflächen aufgetragen werden. Unter der Einwirkung von ultraviolettem Licht härtet er je nach Zahngröße in 20 bis 30 sec aus.

Die Intensität der Strahlung wird bei einem Abstand von 18 Zoll mit 8,4 Mikrowatt / qcm angegeben. Die Wellenlänge liegt bei 3,6 Å. Das Ende des Quarzstabes, der das UV-Licht in die Mundhöhle leitet, soll zur Aushärtung des Kunststoffes in 1 bis 2 mm Höhe über der Zahnfläche leicht bewegt werden. Die Bewegung gewährleistet, daß das gesamte Versiegelungsmaterial aushärtet. (11)

Nach dem Aushärten bleibt auf der Versiegelungsfläche eine Schicht unpolymerisierten Materials zurück. Dies ist auf den Einfluß der Luft beim Aushärten zurückzuführen. Der nicht polymerisierte Kunststoff kann mit einem Wattebausch weitgehend entfernt werden. (12)

2.1.3. Zeitpunkt und Indikation

Zur Frage, wann eine Versiegelung am zweckmäßigsten durchgeführt werden soll, äußern sich C u e t o (16), B u o n o c o r e (10) und P i l z (40) übereinstimmend: Der Zahn soll möglichst bald nach dem Durchbruch versiegelt werden. Dies bezieht sich auf Milchzähne und bleibende Zähne. Allerdings ist die Haftung an Milchmolaren weniger groß als an permanenten Zähnen. (15) Da man normalerweise die Entwicklungszeit einer manifesten Karies mit einem halben Jahr annimmt, sollten folglich die in Frage kommenden Zähne vor Ablauf dieser Zeit versiegelt werden. (40)

Zur Versiegelung sind geeignet: alle voll durchgebrochenen Milchmolaren, bleibenden Prämolaren und Molaren mit gut abgegrenzten Fissuren. (15) Kauflächen mit flachen Fissuren und Fissurenkreuzungen sonderet P i l z (40) von vornherein wegen zu geringer mechanischer Verankerungsmöglichkeit für die Versiegelung aus.

Es sei nur kurz darauf hingewiesen, daß die oberen und unteren ersten Molaren für eine Versiegelung doppelt interessant erscheinen. Es sind die größten Zähne des menschlichen Gebisses, d.h. sie bieten der Versiegelung maximalen Untergrund zur Haftung. Zweitens scheint

ein Schutz gerade für diese Zähne notwendig, da ihre zur Zeit der Geburt ablaufende Mineralisation durch den "Stress", der mit dem Übergang vom intrauterinen zum extrauterinen Leben einhergeht, in Mitleidenschaft gezogen wird. (48)

2.1.4. Klinische Erprobung

Klinische Untersuchungen von T a k e u c h i (49) an 160 Schülern ergaben nach zwei Jahren eine Kariesreduktion von 100 %. Die Zähne wurden insgesamt fünf Jahre lang halbjährlich untersucht und neuversiegelt. Am Ende des fünften Jahres konnte ein Kariesrückgang von 90,5 % festgestellt werden.

R i p a und C o l e (42) berichten von Überprüfungen nach einem Zeitraum von 12 Monaten. Von insgesamt 244 Zähnen waren ein Drittel vollständig und ein Drittel teilweise von der Versiegelungsschicht entblößt. Beim letzten Drittel war die Kunststoffschicht noch vorhanden. Im Vergleich zu den Kontrollzähnen ergab sich eine Kariesreduktion von 84,3 %.

In einer Zweijahresstudie kommt B u o n o c c o r e (12) bei der Auswertung von 153 Zahnflächen zu einer Kariesreduktion von 99 % an permanenten Zähnen. Bei Milchzähnen beträgt der Rückgang 87 %. 13 % der bleibenden Zähne und 50 % der Milchzähne haben ihre Abdeckung verloren.

P i l z (40) wartet nicht erst bis sich Karies entwickelt hat, sondern beurteilt nach 6 und 9 Monaten den Zustand der Versiegelung. Von 270 Versiegelungen werden nach 6 Monaten noch mindest 77 % "den gestellten Ansprü-

chen gerecht." Nach 9 Monaten sind es nur noch 46 %.

Eine genauere Aufschlüsselung nach Ober- und Unterkiefer bringt R o y d h o u s e (44). Aber auch er zählt erst das Auftreten von Karies. Bei 130 jugendlichen Patienten wurde drei Jahre nach Versiegelung eine Abnahme der Karies um 29 % gefunden. Ein besserer Schutz stellte sich dabei im Unterkiefer heraus. Hier war eine Reduktion um 37 % zu erreichen. In der oberen Zahnreihe fanden nur 21 % der Zähne einen Schutz. R o y d h o u s e konstatierte, daß die Versiegelung die Fissuren oberer Molaren nicht zufriedenstellend abdecken konnte.

Die mangelhafte Versiegelung im Oberkiefer ist zudem negativ durch Eigenheiten des Patienten beeinflußt. R o b i n s o n (43) stellte fest, daß die obere Zahnreihe gegenüber der unteren weniger gründlich gereinigt wird. Für obere Molaren ermittelte er durchschnittlich 55,6 Bürstenstriche, für untere Molaren dagegen eine Strichzahl von 65,1.

2.2. Haftung

2.2.1. Fissur

Erste Voraussetzung für das Haften einer Versiegelungsfläche ist das Vorhandensein einer gut ausgebildeten Fissur, die schon alleine mechanische Retention bietet.

Nach P i l z (40) versteht man unter einer Fissur alle tiefer gelegenen Teile des Kauflächenreliefs und Einstülpungen des Schmelzmantels, deren Längenausdehnung nur an der Oberfläche deutlich erkennbar ist.

Neuere Bestimmungen der Fissurenformen gehen von metrischen Gesichtspunkten aus. Z u h r t und V i e r u s (55) unterscheiden Form (keine, schmal, breit) und Tiefe der Fissur (keine, auf peripheren Schmelz beschränkt, bis in dentinnahen Schmelz). (Abb. 1)

In die sich ergebenden fünf Fissurentypen können alle Formen der bisherigen Nomenklatur (flach, mulden-, trichter-, spaltförmig) eingeordnet werden.

Die Bedeutung einer ausgeprägten Fissur für die Haftung zeigt sich in der Indikationsstellung. Das von der Vertriebsgesellschaft herausgegebene Informationsmaterial spricht im Zusammenhang mit der Versiegelung nur von gut ausgebildeten Fissuren. (15) P i l z formuliert es negativ, indem er alle flachen Fissurenformen von der Versiegelung ausschließt. (40)

2.2.2. Mechanische Faktoren

Eine gute Ausprägung der Fissuren allein reicht für die Haftfähigkeit aber nicht aus. Die Haftung wird durch Verwendung einer Säure erhöht.

Um die Wirkung der Säure auf den Schmelz zu untersuchen, verwandten H e u s e r und S c h m i t t (27) 5 % Salzsäure. Bei einer schwachen, wenig dissoziierten Säure hatte sich wegen der Resistenz des Schmelzoberhäutchens eine zu lange Einwirkdauer ergeben. Bis die gewünschte Wirkung zustande kam, waren opake Verfärbungen aufgetreten, die dem initialen Stadium der Karies entsprechen. (45)

Nach der Zerstörung des Schmelzoberhäutchens drang die Säure zwischen den Schmelzprismen in die Tiefe. Inter -

prismatische Substanz, Schmelzbüschel und Schmelzlamellen waren wegen ihres Anteils an organischem Material verhältnismäßig schnell entkalkt. Bei zu langer Einwirkdauer wurde so der Zusammenhalt der Prismen zerstört. (27)

Bei kurzzeitiger Anwendung führte die von B u o n o c o r e (11, 12) benützte 50 % Phosphorsäure zum teilweisen Freiliegen der Prismen durch Herauslösen des anorganischen Materials aus der interprismatischen Substanz.

Eine 60 sec dauernde Ätzung trägt 5 bis 10 Mikron von der Oberfläche des Zahnschmelzes ab. (8, 21) Die Haftfestigkeit der Versiegelung am säurebehandelten Zahn steht im direkten Verhältnis zum Grad seiner Verkalkung. (15)

Allerdings fand A w a s a w a (1) bei einer Untersuchung von 84 Molaren einen minderverkalkten Schmelz in 76 % der Fälle.

Aus der Behandlung mit Säure ergibt sich zunächst eine vergrößerte Oberfläche für den Versiegelungskunststoff und damit eine bessere mechanische Haftung. (9)

Das freiliegende organische Material der interprismatischen Substanz wird von dem Kunstharz umschlossen und ist nach dem Polymerisieren fest mit ihm verankert. (10)

Das Eindringen des Monomers in die interprismatische Substanz - 1965 wird dies von G w i n n e t t und B u o n o c o r e noch bestritten (21) - und das Polymerisieren im interprismatischen Raum wird 1968 von B u o n o c o r e , M a t s u i und

G w i n n e t t als zusätzliche Unterstützung der Haftung ins Feld geführt. (13)

Nach vollständiger Entkalkung des Schmelzes kann man an der Grenzfläche des Kunststoffes fadenförmige Ausstülpungen sehen. Diese Fortsätze sind das ehemalige Monomer, das in den inter- und intraprismatischen Raum eingedrungen und dort polymerisiert ist. (22)
Abb. 2

2.2.3. Chemische Faktoren

Die chemischen Faktoren, die zur Haftung beitragen, werden von G w i n n e t t und B u o n o c o r e (21) wie folgt beschrieben:

1. Reaktionsfreudiger Schmelz nach dem Entfernen der alten inerten Schmelzoberfläche.
2. Adsorption der hochpolaren Phosphatgruppen aus der benutzten Säure.
3. Vergrößerung der Benetzbarkeit der Schmelz -
oberfläche. (wetability)

1968 benennt B u o n o c o r e als 4. Faktor die polaren Bindungen elektronegativer Cyanogruppen. (13)

Im Jahr zuvor hatte L e o n h a r d die Klebewirkung der Cyanocrylate untersucht und festgestellt, daß die Aminogruppen der Proteinmoleküle an der Polymerisation der Cyanoacrylate mitwirken und mit diesen eine primäre Bindung eingehen. (41)

2.2.4. Haftungsprüfung

Um das Zusammenwirken all dieser für die Haftung verantwortlichen mechanischen und chemischen Faktoren zu prüfen, bediente sich B u o n o c o r e (12) einer scharfen Sonde. Mit dieser versuchte er das Haftmittel vom Zahn abzusprengen. Als Ergebnis dieses Versuches teilt er mit: " Ein richtig polymerisierter Kunststoff wird nicht stark abblättern oder abbrechen, oder selbst durch den größten Druck, der mit einer Sondenspitze ausgeübt werden kann, entfernt werden können, ohne irgendeine bleibende Verbiegung an irgendeinem Punkt der Zacke zu verursachen". (A properly polymerized adhesive will not grossly chip or flake or be dislodged by the maximum pressure than can be exerted on the explorer point along the tin.) (12)

Eine Versiegelung, die diese Gewalteinwirkung überstanden habe, widerstehe auch einem 50- stündigen Aussetzen in kochendem Wasser. (12) .

Zur klinischen Überprüfung der Haftung des auf den Zahn aufgetragenen Versiegelungskunstharzes empfiehlt B u o n o c o r e (12) eine einfache spitze Sonde. Mit dieser solle der Zahnarzt die Oberfläche abtasten.

P i l z (40) spricht hierbei von der Schwierigkeit, die Unversehrtheit einer Versiegelung mit dem bloßen Auge zu prüfen.

In vitro haben sich elegantere Methoden bewährt. Versiegelte Zähne wurden drei Tage lang in 0,5 % basischer Fuchsinlösung belassen. In dieser Lösung befand sich radioaktiv markiertes Sulfat (SO_4^{35}). Weder Färbemittel noch markiertes Sulfat drangen in einen vermuteten Spalt ein, auch nicht nach bis zu 1- jähriger Lagerung in physiologischer Kochsalzlösung. (18)

Eine Registrierung der elektrischen Leitfähigkeit praktizierte K i z u (30) um Spalten aufzuspüren. Eine Änderung dieser Leitfähigkeit wird durch einen Feuchtigkeitsefilm verursacht, der zwischen Zahn und Versiegelung liegt.

Versiegelte Zähne wurden einige Tage in schwerem Wasser belassen. (35) Bei der Prüfung wurden äußerst geringe Mengen von schwerem Wasser zwischen Zahn und Kunstharz festgestellt.

Mit Recht äußert P i l z (40) , daß nach Auswertung der bisherigen Literatur eine Beurteilung, wie sich die Versiegelung unter klinischen Bedingungen physikalisch verhält, noch nicht möglich sei.

2.2.5. Spaltbildung und Verlust

Wie können Spalten zwischen Versiegelungsschicht und Schmelzoberfläche zustande kommen? M i a k e (35) wies nach, daß ohne irgendwelche Beanspruchung der Harzschicht schweres Wasser, wenn auch in geringsten Mengen, sich zwischen Versiegelung und Schmelz einlagerte. Kleinste Spalten scheinen also von Anfang an vorhanden zu sein.

Äußere, zur Spaltbildung beitragende Faktoren können wie folgt unterteilt werden:

1. Materialbedingte Faktoren
2. Iatrogene Förderung
3. Patientenbedingte Ursache.

ad 1.

Volumenschwankungen des Kunststoffes als Ursache für mögliche Spaltbildungen werden von P i l z (40)

beschrieben. Die entstehenden Spalten saugen Feuchtigkeit auf und stellen somit den Sinn der Versiegelung in Frage.

N e l s o n (35) sieht einen Flüssigkeitsaustausch zwischen Schmelz und Kunstharz als gegeben. Die Ursache dieser Flüssigkeitsverschiebung liegt seiner Ansicht nach in den Temperaturänderungen, denen Zahn und Kunststoff im Mund ausgesetzt sind. Die unterschiedlichen thermischen Expansionskoeffizienten von Zahnschmelz und Acryl und die thermische Expansion der Flüssigkeit im Spalt zwischen Schmelz und Harz bedingen zusammen diesen Flüssigkeitsaustausch.

ad 2.

Auch der Zahnarzt kann der Bildung von Spalten Vor-
schub leisten.

Erfolgt das Absprühen der konditionierten Zahnflächen nur mangelhaft, so daß Reaktionsprodukte auf dem Zahn verbleiben, führt dies zu einer verminderten Haftung. Früher oder später muß mit dem Verlust der Versiegelungsfläche gerechnet werden. (46)

Ölhaltige Druckluft beim Trocknen des Zahnes führt wie andere Verunreinigungen zu einer Isolierung des Zahnes gegen den Versiegelungslack. (12) Eine gute Haftung ist auch in diesem Fall nicht zu erwarten.

ad 3.

S p e r r und T s c h a m e r (48) haben nachgewiesen, daß es schon beim normalen Kauakt durch den entstehenden Druck zu einer elastischen Deformierung der Zähne kommt. Die bei der Druckbelastung auftretenden Spannungen könnten zur Spaltbildung beitragen.

Das Entstehen von Spalten sieht B u o n o c o r e (12) nicht als nachteilig an.

Sind dem Versiegelungslack in einem gewissen Prozentsatz Fluorverbindungen zugesetzt, so können diese Fluorionen in dem Feuchtigkeitfilm in Lösung gehen und im weiteren vom Zahnschmelz aufgenommen werden. Bei einem späteren Verlust der Schutzschicht kann der mit Fluor angereicherte Schmelz der Karies widerstehen.

Einen weiteren kariesverhütenden Faktor sieht B u o n o c o r e in Spuren des Haftmittels, die beim Ablösen der Versiegelung im Schmelz zurückbleiben. Diese Reste sind dort zu finden, wo der flüssige Kunststoff anfangs in die interprismatische Substanz eingedrungen war und auspolymerisierte. Der Abriß wäre dann erst oberhalb der Stelle intensiver mechanischer Bindung mit dem Flechtwerk organischen Materials erfolgt. (12)

Das widerspricht der Aussage von B u o n o c o r e, daß sich - wenn überhaupt - die gesamte Versiegelungsfläche löse und nie Stücke zurückblieben. (12)

E t o (18) berichtet von seinen Versuchen in vitro, bei denen er die Versiegelungsschicht von der Okklusalfläche der Zähne abriß. In der Tiefe der Fissur blieben jeweils Reste des Kunststoffes zurück. In diesem Ver - schluß des Spaltes sieht E t o eine karieshemmende Wirkung. Der Kariesanfällige Fissurentyp wird seiner Auffassung nach in einen Typ mit muldenförmiger Fissur umgewandelt, der leicht zu reinigen ist und somit weniger von Karies bedroht ist.

Das Aussehen der Zahnflächen, die ihre Schutzschicht verloren hatten, war nach B u o n o c o r e (12) nicht von dem unpräparierter Kontrollzähne zu unter -

scheiden.

Hierbei ist daran zu denken, daß sich bezüglich der Löslichkeit von Stoffen zwischen Zahnschmelz und umgebendem Speichel ein kinetisches Gleichgewicht einstellt. (45) Anorganische Teile aus dem Schmelz gehen in Lösung, während aus dem Speichel wieder Ionen in den Schmelz eingelagert werden. Demzufolge wäre unter Remineralisation die Einebnung von Läsionen durch Ionen aus dem Speichel zu verstehen.

Der "Niederschlag feinglobulärer Kalksubstanzen im Sinne der Deckschichtenbildung" (26) wird von P i l z (40) aber nur als "scheinbare Ausheilung von Oberflächen-defekten" bezeichnet. "Diese kolloidal-visköse Schicht überdeckt alle Unebenheiten und verleiht der Schmelzoberfläche ein relativ glattes Aussehen. Im Gegensatz zur primären Mineralisation und Schmelzreifung ist das Milieu hier "unsteril"... Es kann demzufolge zu keiner restitutio ad integrum kommen,..."

2.3. . Härte

Die Härte eines Materials wird erkennbar, wenn man das Abrasionsverhalten des betreffenden Stoffes untersucht.

Unter Abrasion ist nach H o f f m a n n - A x t h e l m (28) das Abkauen von Zähnen durch starken Gebrauch oder auch durch übermäßige Beanspruchung zu verstehen. Diesem Substanzverlust bei mechanischer Beanspruchung unterliegen auch die Kunststoffe.

Das Ausmaß der Materialbelastung ist individuell verschieden. Es hängt im wesentlichen ab von den Essgewohn-

heiten, der mastikatorischen Leerfunktion und auch vom Zähneputzen.

Da bei der Versiegelung die Entstehung von Frühkavitationen verhindert werden soll, kann man starke punktförmige Belastungen der Versiegelungsschicht ausschließen.

Die durch die Zahnbürste verursachte Abrasion kann man genauer erfassen.

Damit die Borsten einer weichen Zahnbürste in die Interdentalräume gelangen, muß nach B e y e l e r und M o o s e r (3) und H a r r i n g t o n (24) eine Kraft von 200 bis 300 g wirksam werden. Die Abrasion steigt dabei proportional der Zahl der aktiven Borsten. Dies sind Borsten, die als Träger des Putzmittels die Zahnflächen berühren. Bei der Verwendung von Zahnpasta hängt die Abrasion zusätzlich von der Zusammensetzung des Putzmittels ab.

Beim Bürsten mit Wasser ergab sich nur ein geringer Abrieb. (14)

V i e i r a und P h i l i p p s (52) fanden im allgemeinen einen umso größeren Substanzverlust, je härter die Borsten der Zahnbürste waren.

B e y e l e r und M o o s e r (4) dagegen fanden bei weicheren Borsten größere Abrasionswerte.

Eine mögliche Erklärung dieses Phänomens gibt ihre Beobachtung (3), daß bei harten Borsten die Paste zwischen den einzelnen Borsten hängenbleibt. Damit könnte die Bewegung der Putzkörper über die Zahnfläche verhindert sein. Bei weichen Borsten würden diese Putzkörper

immer wieder aus dem Borstenzwischenraum herausgedrängt und über die zu putzende Fläche gescheuert werden.

2.4. Oberfläche

Das Aussehen der Versiegelungsoberfläche und ihre Veränderung infolge mechanischer Einwirkungen wird in der Literatur kaum erwähnt. Es lassen sich nur Rückschlüsse aus einigen Äußerungen ziehen.

Die einzige direkte Aussage ist bei B u o n o c o r e (12) zu finden: "Die versiegelten Flächen waren in der Regel verhältnismäßig glatt..." (relatively smooth).

Nur vereinzelt konnte eine prüfende Sonde Retention finden. Im flüssigen Kunststoff an die Oberfläche aufgestiegene Blasen wurden nach dem Polymerisieren mit der Sonde aufgespürt. Infolge des Sondendruckes brach die dünne Lamelle über der Blase ein und die Sonde hakte fest. Durch Auftragen von geringen Versiegelungsmengen und anschließendes Polymerisieren konnten die entstandenen Vertiefungen geschlossen werden. (12)

Bei Abrasionsversuchen (3) unter Verwendung von reinem Wasser konnte keine nennenswerte Abrasion erzielt werden. Bei der Verwendung von Wasser war nach V i e i r a und P h i l i p p s (52) die erzielte Wirkung ähnlich der eines Poliermittels.

Dies läßt eine relativ glatte Oberfläche mit kleinsten Kratzern von den scheuernden Borsten erwarten. Diese kleinen Kratzer müßten dann bei den Abrasionsversuchen mit Zahnpasta je nach den verwendeten Putzkörpern entsprechend verändert erscheinen.

3. Spezielle Fragestellung

3.1. Haftung

Der "gute bis sehr gute Zustand", in welchem die Versiegelung in 80 % der Fälle angetroffen wurde (12), kann als konkrete Beschreibung nicht befriedigen. Es wird keine Angabe zu den Gesichtspunkten gemacht, nach denen der Zustand bewertet wurde. Versuche, die den versiegelten Zahn über 50 Stunden Dauer siedendem Wasser aussetzen oder für 12 Monate in physiologische Kochsalzlösung einbringen (12), um daraus auf die Haftung zu schließen, sind zu wenig am physiologischen Vorbild orientiert, da erst unter Belastung des Materials Aussagen über sein Verhalten möglich werden.

Zudem fanden sich nirgends Hinweise, durch welche Umstände die Haftung verloren gegangen ist.

Ziel dieser Untersuchungen ist es, im Versuch thermische und mechanische Einflüsse getrennt voneinander zu untersuchen und ihre Wirkung aufzuzeigen.

3.2. Härte

Der Zusammenhang zwischen der Härte einer Substanz und seinem Abrasionsverhalten wurde im Vorausgegangenen aufgezeigt. Jedoch konnten nirgends konkrete Angaben über die Größe des Faktors Härte gefunden werden. Deshalb soll die Härte des Versiegelungslackes bestimmt werden.

3.3. Oberfläche

Da über die Oberfläche der Versiegelung kaum brauchbare Literatur zu finden war, bilden das Aussehen der Oberfläche des Versiegelungslackes und seine Veränderungen unter dem Einfluß der Zahnbürste den dritten Teil dieser Untersuchungen.

4. Eigene Untersuchungen

4.1. Die Haftfähigkeit des Kunststoffes

4.1.1. Überprüfung der Haftung nach thermischer Behandlung

Der Versiegelungskunststoff wird entsprechend den angegebenen Regeln auf 20 Okklusalfächen von Molaren aufgebracht. Es soll geprüft werden, ob sich thermische Einflüsse auf die Haftung der Versiegelung auswirken.

Zu diesem Zweck werden Temperaturspannen durchlaufen, die sich nach physiologischen Gegebenheiten richten. Aufeinanderfolgen von extremen Temperaturen ist denkbar, wenn nach dem Verzehr von Speiseeis heißer Kaffee getrunken wird.

Die Temperaturänderung soll in beiden Richtungen durchlaufen werden: von heiß nach Kalt und von kalt nach heiß.

Die versiegelten Zähne wurden in einer feuchten Kammer bei 60 °C aufbewahrt. Nach einer Stunde wurden die Zähne in eine nur 5 °C warme Umgebung gebracht. Nach einer weiteren Stunde fand der Temperaturwechsel von kalt nach heiß statt. Auch jetzt blieb der Zahn in feucht-heißer Umgebung.

Von den verschiedenen Möglichkeiten die Haftung zu prüfen, wurde die Kombination von Lupe und Sonde ausgewählt, da sie bei genauer Beobachtung gute Differenzierungen ermöglichte. Unter der Lupe wurde entlang der gesamten Randlinie versucht mit einer scharfen Sonde die Versiegelung vom Untergrund zu lösen bzw. in einen schon vorhandenen Spalt einzudringen.

Es ergaben sich hierbei folgende Möglichkeiten:

1. Die Sonde drang in einen vorhandenen Spalt ein.
2. Auf leichten Sondendruck hin hob sich die Versiegelungsschicht vom Zahn ab.
3. Erst durch großen Druck mit der Sonde entstand ein Spalt.
4. Trotz Sondendruck blieb die Versiegelung intakt.

Die ersten drei Möglichkeiten sind gleichwertig negativ zu beurteilen, da auch unter physiologischen Bedingungen Kräfte auf den Zahn einwirken, die den durch die Sonde hervorgerufenen Belastungen entsprechen.

Spalten zwischen Versiegelung und Zahn hoben sich unter der Lupe durch Helligkeitsdifferenz deutlich von der Umgebung ab.

Unter ausgedehnten Spaltbildungen wurde immer ein Feuchtigkeitsfilm beobachtet.

Bei der Betrachtung des versiegelten Zahnes kann man an der Versiegelung verschiedene Teile unterscheiden.
(Abb.3)

1. Die eigentliche Versiegelungsschicht, die die Fissuren bedeckt.
2. Ausläufer der Versiegelung, die sich an den inneren Abhängen der Zahnhöcker hochziehen.
3. Reste primär unpolymerisierten Materials auf nicht konditioniertem Schmelz.

Die Prüfung bezog sich auf die unter Punkt 1. und 2. genannten Stellen, die dem konditionierten Schmelz aufliegen.

Die unter Punkt 3 aufgeführten Reste des Versiegelungsharzes blieben oft auf der Zahnfläche, da sie wegen ihrer klebrigen Konsistenz nur schwer vollständig zu entfernen waren. Nach der thermischen Behandlung schienen sie auspolymerisiert. Sie wurden für die Prüfung aber nicht herangezogen, da sie mit der Versiegelungsschicht nichts zu tun haben. Mit der Sonde waren sie vom glatten Schmelz leicht wegzusprengen. Sehr oft war ihr Rand schalenförmig aufgebogen.

Die Überprüfung der Versiegelungsschichten erbrachte folgendes Ergebnis:

Tab.1

Anzahl der untersuchten Zähne	Anzahl der Beschädigungen	Anzahl der Zähne
20	0	11
	1	4
	2	2
	3	—
	4	1
	Fast vollständige Ablösung	2
Summe	20	

Anzahl der beschädigten Stellen an der Versiegelungsschicht nach Durchlaufen großer Temperaturspannen.

Mehr als die Hälfte der versiegelten Zähne, die diesem abrupten und starken Temperaturwechsel ausgesetzt waren, haben diese Behandlung offensichtlich ohne Schaden überstanden.

An 2 Zähnen war die Versiegelung fast vollständig abgelöst.

Die übrigen Zähne zeigten eine verminderte Haftfähigkeit an mindestens einer Stelle.

4.1.2. Untersuchung en zur Haftung nach mechanischer Beanspruchung

Es soll festgestellt werden, ob durch Einwirkungen mechanischer Art auf die Versiegelung die Haftung am Untergrund beeinträchtigt wird.

Die Versuchsdauer soll 2 Jahren entsprechen, wobei von dreimaligem Zähneputzen pro Tag ausgegangen wird.

Als Versuchserundlage wurden bei einmaligem Zähneputzen 7 Bürstenstriche pro Zahnfläche angenommen.
(3, 5)

Der Versuch gliederte sich in 2 Teile. Bei 10 Zähnen lief der Versuch unter Verwendung von Zahnpasta ab. Bei der zweiten Gruppe von ebenfalls 10 Zähnen wurde statt Zahnpasta entkalktes Wasser genommen, sodaß hier spezielle Einwirkungen durch die abrasive Eigenschaft der Zahnpasta wegfielen. Beide Gruppen wurden sonst gleichen Bedingungen ausgesetzt.

Die Überprüfung der Haftung erfolgte nach denselben Gesichtspunkten wie unter 4.1.1. angegeben.

Bevor der Versuch ablief, wurde die Ausdehnung der einzelnen Versiegelungsflächen skizziert.

Da die Versiegelung vornehmlich für Kinder bestimmt ist und die Kariesprophylaxe möglichst intensiv betrieben werden sollte, wurden bei der Auswahl der Zahnpasta und

der Zahnbürste folgende Überlegungen zugrunde gelegt.

Die Zahnpasta soll

1. eine Fluorverbindung und
2. die gebräuchlichsten Putzkörper enthalten.

Die Borsten der Zahnbürste sollen

1. V - Stellung aufweisen und
2. möglichst hart sein.

Im übrigen soll die Form einer guten Zahnbürste gegeben sein. (3)

Das Gerät "Minidrive" (s. Anm.), mit dem die abrasions-
auslösenden Bewegungen auf den Zahn übertragen werden ,
vollführt mit der eingespannten Zahnbürste sinusförmige
Excursionen. Bei einer Hin- und Rückbewegung entsteht ,
das Bild einer liegenden Acht. Jedoch ist bei jeder Ex-
cursion die Schleife versetzt, sodaß im Endeffekt die
gesamte Fläche gleichmäßig bestrichen wird. (Abb.4)
Belastungsmaxima werden an die Randzone verdrängt, der
gesamte nicht randständige Teil des Feldes wird gleich-
mäßig beansprucht.

Verwendete Zahnbürste: blend a dent Vau für Erwachsene.

Borstenlänge: 12 mm

Bündel: 32

Borsten pro Bündel: 26 bis 28

Borstenstärke: 0,250 mm

Borstenart: Kunststoff

Feldgröße: 34,4 X 7,8

Anmerkung: Das Gerät wurde im Auftrag der Blendax -
Werke (Mainz) von der Firma Schneider (Bad Kreuz -
nach) hergestellt.

Für die freundliche Überlassung des Gerätes während
meiner Versuche möchte ich den Blendax - Werken an
dieser Stelle danken.

Verwendete Zahnpaste: Blendax Fluor Super
Fluorbestandteil: Natriummonofluorphosphat
Putzkörper: Kalziumphosphat
Verdünnung: 20 Gewichtsteile Zahnpaste
5 Gewichtsteile Wasser

Die Verdünnung erwies sich als notwendig, da bei zu hoher Viskosität die Paste zwischen den Borsten hängenblieb und dadurch nicht mehr über die Okklusalfächen der Zähne gerieben wurde.

Der Auflagedruck, mit dem die Bürste während des Laufes auf die Zähne einwirkte, orientierte sich an den Angaben von H a r r i n g t o n (24), B e y e l e r und M o o s e r (3). Der Gesamtaulagedruck von 220 g ergab sich aus dem Belastungsgewicht von 150 g und dem Eigengewicht der Haltevorrichtung von 70 g.

Nachdem die ersten zehn Zähne den Versuch mit Zahnpaste wie oben angegeben durchlaufen hatten, ergab sich folgendes Bild.

Tab.2

Anzahl der untersuchten Zähne	Anzahl der Beschädigungen	Anzahl der Zähne
10	0	-
	1	3
	2	-
	3	1
	4	2
	5	1
	Weitgehende Ablösung	2
	Fast vollständige Ablösung	1
Summe	10	

Anzahl der Beschädigungen an der Versiegelungsschicht nach mechanischer Beanspruchung mit Zahnbürste und Zahnpaste.

In keinem der zehn Fälle erwies sich die Versiegelung nach dem Bürsten so stark, daß sie der prüfenden Sonde widerstanden hätte. Es wurden in jedem Fall mindestens eine Spaltbildung zwischen der Versiegelung und dem Zahn verursacht. Vollständiger Verlust trat in keinem Fall ein.

"Weitgehende Ablösung" bedeutet in diesem Fall, daß die Versiegelungsschicht nur noch an einzelnen Stellen eine Adhäsion am Untergrund zeigte.

"Fast vollständige Ablösung" bezeichnet die Situation, in der die Schicht vom Rand her vollständig abgelöst ist und zentral in der Fissur die einzige Stelle der Haftung zu finden ist.

Bei den entsprechenden Versuchen ohne Zahnpaste zeigt die Übersicht je eine Versiegelung, die bei der Prüfung vollständig intakt blieb und eine, die weitgehend ihre Haftung am Schmelz verloren hatte. Die übrigen Zähne zeigten an 3 bis 5 Stellen eine randständige Spaltbildung.

Tab.3

Anzahl der untersuchten Zähne	Anzahl der Beschädigungen	Anzahl der Zähne
10	0	1
	1	
	2	2
	3	4
	4	2
	Weitgehende Ablösung	1
Summe		10

Anzahl der Beschädigungen an der Versiegelungsschicht nach mechanischer Beanspruchung mit der Zahnbürste unter Verwendung von entkalktem Wasser.

Eine Abrasion am Versiegelungskunststoff konnte bei den versiegelten Zähnen nach der mechanischen Einwirkung der Zahnbürste nur in geringem Maße festgestellt werden. Unter der Lupe waren schwache Veränderungen an den Ausläufern des Kunstharzes an den inneren Abhängen zu erkennen. (Abb.5)

4.2. Untersuchungen zur Ermittlung der Mikrohärt

4.2.1. Vickershärt

Die Bestimmung der Härte des Kunststoffes erfolgte entsprechend der "Härteprüfung nach Vickers", die in Deutschland unter DIN 50133 genormt ist. (34)

Das Prinzip dieses Verfahrens:

Eine Diamantpyramide wird mit der Spitze nach unten unter definierten Bedingungen auf den zu prüfenden Körper aufgesetzt. Die entstehende Impression hat wie die Pyramide eine quadratische Grundfläche. Durch Ausmessen der Diagonalen des Quadrates kann die Härte des zu prüfenden Materials errechnet werden. Der von beiden Diagonalen gebildete Mittelwert wird zur Berechnung herangezogen. Voraussetzung zur Prüfung ist eine ebene Prüffläche, da nur in diesem Fall ein quadratischer Eindruck entstehen kann.

Abb. 6 I zeigt die durch die Pyramide hervorgerufene Impression in der Versiegelung im Schnitt und in der Aufsicht. Unebenheiten in der Oberfläche verändern die Längen der Diagonalenhälften. (Abb. 6 II) Vertiefungen ergeben für die betreffende Diagonalenhälfte einen verkürzten Wert, während Erhebungen der Oberfläche sich verlängernd auf den Diagonalenteil auswirken.

Zur Bestimmung der Härte wurden zwei Geräte benutzt, die nach obigem Prinzip, aber in unterschiedlicher Weise arbeiten.

4.2.2. Arbeitsweise des Prüfgerätes Optidur (s.Anm.)

Die umgekehrte Pyramide dringt über eine bestimmte Zeit in das Prüfmaterial ein. Zu festgelegten Zeitabständen werden die Diagonalen der Impression ausgemessen. Während der Messung bleibt der Diamant auf dem zu prüfenden Körper.

Die Reproduzierbarkeit bedingt folgende Parameter:

1. Zeitlicher Abstand der Messung
2. Schichtdicke des Materials
3. Prüflast
4. Absinkgeschwindigkeit des Diamanten.

ad 1.

Zeitpunkt der Messung war bei jedem Prüfkörper 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 4 und 6 min nach dem Aufsetzen der Prüflast.

ad 2.

Von der Schichtdicke des zu prüfenden Materials hängt die Größe der Prüflast ab. Die Pyramide darf nicht zu weit in die Schicht eindringen, da sonst der Widerstand des Untergrundes, auf dem das Prüfmaterial aufgetragen ist, mitregistriert würde. Um den Einfluß der Basis auszuschalten, darf das Verhältnis der Eindringtiefe (ca. $\frac{1}{7}$ der Diagonalen) zur Prüfschichtdicke nicht größer sein als 1 : 10. (34)

Anmerkung: Hersteller: Göttfert-Feinwerk-Technik GmbH
Buchen, Odenwald

ad 3.

Nach der Ermittlung der ungefähren Härte des Kunststoffes ergab sich zur genauen Messung die maximale Prüflast

aus der Annäherungsformel $P_{\max} = \frac{a^2}{4} \cdot HV \text{ kg. (34)}$

(s.Anm.) Die Messungen erfolgten mit einem Prüfe -
wicht von 500 g.

ad 4.

Die Absinkgeschwindigkeit ist durch das Gerät festge -
legt.

4.2.3. Prinzip der statistischen Auswertung

Zur statistischen Auswertung bilden die jeweils zur gleichen Zeit gemessenen Diagonalen eine Reihe. Bei insgesamt 7 Meßzeiten ergeben sich 7 Reihen. Da die Messung an 10 Prüfkörpern vorgenommen wurde, liegen pro Reihe maximal 10 Einzelmessungen vor. Bei den zeitlich letzten Messungen konnten manche Werte nicht verwandt werden, da beim weiteren Eindringen des Diamanten Unebenheiten erfaßt wurden, welche die Diagonalenlänge veränderten. (Abb. 7)

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt durch die Varianzanalyse. Diese dient dem Vergleich der gefundenen Mittelwerte und ermöglicht eine Aussage über die Streuung. Es kann festgestellt werden, ob signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Reihen vorhanden sind. Kann eine Signifikanz festgestellt werden, so folgt der Test nach Scheffé.

Anmerkung: $P_{\max}$: höchst zulässige Prüflast in kg
a : Dicke der Prüfschicht; hier 0,7 mm
HV : Härte nach Vickers; hier annähernd 20 HV

Bei diesem Test werden die einzelnen Mittelwerte durch Gegenüberstellung miteinander verglichen. So wird eine Aussage darüber ermöglicht, zwischen welchen Reihen die gefundenen Unterschiede bestehen. (33)

4.2.4. Ergebnisse der Untersuchungen mit dem Gerät Optidur

Tab.4

min	0,5	1	1,5	2	3	4	6
d	225	230,5	232,5	234,8	240,5	241,1	245
(μ)	220,5	227,5	230,5	233	235	238	242,5
	224,5	230	233,7	235,3	240,5	242,7	
	221,5	228	231,5	232,8	234,4	239,5	242,5
	221,5	222,8	226	229,2	232,2	235	237,8
	224,5	230,5	233,6	236,5	240,7	241,3	242,9
	223,3	228	231,8	237	239,5	242	
	224,7	229,2	231,5	234,4	236,8	238,2	
	225,3	223,4	236,2	240,5	242	245,5	
	228,5	235	239	241	242,5	244,9	
D	223,9	229,5	232,6	235,5	238,4	240,9	242,1
HV	18,5	17,6	17,1	16,7	16,3	16,0	15,8

Meßzeiten, gemessene Diagonalenlängen und daraus berechnete Vickershärte.

Die Tabelle enthält die mittlere Diagonalenlänge (d) der 10 Prüfkörper zu den einzelnen Meßzeiten, das zu jeder Prüfzeit gehörende Gesamtmittel der Diagonalenlängen (D) und die entsprechende Härte nach Vickers (HV).

Das aus obiger Tabelle gebildete Diagramm (Abb. 8)

zeigt die Relation zwischen Wachstum der Diagonalen und Zeitpunkt der Messung. Bei den ersten Messungen ist eine starke Vergrößerung der Diagonalen zu beobachten. Die Prüflast dringt relativ rasch in das zu prüfende Material ein. Bei späteren Messungen wird nur noch langsames Eindringen in den Kunststoff beobachtet. Die Diagonale vergrößert sich nur noch geringfügig.

Vorversuche, bei denen sich die Messungen über einen Zeitraum von 1,5 Stunden ~~andehnten~~, ergaben ein langsames doch stetiges Wachstum der Diagonalen. Die Messungen ergaben einen hyperbelähnlichen Kurvenverlauf. Dieses "Fließen" des Kunststoffes ist eine Eigenart, die die Gruppe der Polymethylmethacrylat-Kunststoffe charakterisiert. (37)

Werden statt der Diagonalenlängen die entsprechenden Vickershärten eingesetzt, ergibt sich aus der Tabelle das Diagramm von Abb. 9 . Bei einer Eindringdauer von einer halben Minute liegt die Vickershärte bei 18,5 . Sie sinkt zunächst rasch. Je größer aber der zeitliche Abstand vom Augenblick des Wirksamwerdens der Prüflast zur Messung wird, desto weniger ändert sich der ermittelte Wert.

Das Ergebnis der Varianzanalyse ist im folgenden Schema (35) zusammengefaßt.

Tab.5

Art der Streuung	SAQ	f	MAQ	F	p
Zwischen den Reihen	2265,587	6	377,597	36,019*	$\leq 0,01$
Innerhalb der Reihen	608,038	58	10,433		
Insgesamt	2873,625	64	.		

*F tab. 6,58 = 3,12

Varianzanalyse der zu verschiedenen Zeitpunkten gemessenen Werte.

SAQ = Summe der Abweichungsquadrate

f = Anzahl der Freiheitsgrade

MAQ = Mittelwerte der Abweichungsquadrate

F = MAQ zwischen den Reihen geteilt durch MAQ
innerhalb.

Da die Testgröße F den Schwellenwert weit überschritten hat, war nachgewiesen, daß statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,01$) zwischen den Zeitpunkten bestehen. Diese wurden durch den Scheffé-Test ermittelt.
Tab.6

	0,5'	1'	1,5'	2'	3'	4'
	1	2	3	4	5	6
2	+					
3	++	-				
4	++	+	-			
5	++	++	+	-		
6	++	++	++	+	-	
7	++	++	++	+	-	-

Test nach Scheffé: Die Reihen stellen sich aus den unterschiedlichen Zeitpunkten der Messung zusammen. Folgen die Meßzeiten nicht direkt aufeinander, so zeigen sie signifikante oder auffällige Unterschiede.

Entsprechend dem stetig wachsenden zeitlichen Abstand der Messungen vom Augenblick des Aufsetzens des Prüfdiamanten ergibt sich aus diesem Test der Unterschied zwischen den einzelnen Reihen.

Zehn Vergleichspaare weisen Unterschiede bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 1 % auf. Setzt man die Irrtumswahrscheinlichkeit auf 5 % herauf, sind bei weiteren 5 Differenzpaaren Unterschiede gegeben. Die verbleibenden 6 Differenzpaare, die keine statistisch nachweisbaren Unterschiede aufweisen, gehören außer Messung 5 zu 7 zu jeweils den Messungen, die

unmittelbar aufeinanderfolgten.

2.4.5. Arbeitsweise des Härteprüfers Durimet

Der Kleinhärteprüfer Durimet (Hersteller: Ernst Leitz GmbH, Wetzlar) läßt nur zu, die Härtebestimmung eines Materials zu einem bestimmten Zeitpunkt durchzuführen. Die Absinkgeschwindigkeit des Prüfungsgewichtes wird so eingestellt, daß gemessen vom Zeitpunkt des Auslösens bis zum Berühren der Materialoberfläche genau 15 sec vergehen. (50) 10 sec lang dringt der Prüfdiamant in den Kunststoff ein und wird dann abgehoben. Durch eine Lupe mit Meßvorrichtung können die Diagonalen ausgemessen werden.

Die Parameter bei der Messung sind bis auf Punkt 1 die gleichen wie beim Gerät Optidur. (vgl. 4.2.2.)

Auch hier konnten im voraus keine Stellen bestimmt werden, an denen die Messungen stattfinden sollten. Da nur ebene Stellen zur Messung herangezogen werden konnten, bestimmte die jeweilige Oberfläche über ihre Verwendung.

Das Prüfungsgewicht betrug 300 g.

4.2.6. Ergebnisse mit dem Gerät Durimet

An insgesamt 12 Versiegelungsschichten wurden je etwa 10 Messungen durchgeführt.

Die Reihe wurde von den Meßwerten jeder einzelnen Versiegelungsschicht gebildet.

Die einzelnen Reihen ergaben folgende Mittelwerte in μ :
Tab.7

1. 161,28	4. 159,04	7. 160,15	10. 156,85
2. 160,27	5. 160,88	8. 162,59	11. 159,88
3. 158,24	6. 161,55	9. 158,44	12. 161,17

Durchschnittliche Diagonalenlängen der einzelnen Versuchsreihen in μ .

Das Gesamtmittel beträgt 160,7 μ .

Dem entspricht ein Wert von 21,5 in der Härteskala nach Vickers.

Diese Mittelwerte unterlagen der gleichen statistischen Auswertung, wie sie unter 4.2.3. beschrieben wurde.

Varianzanalyse:

Tab.8

Art der Streuung	SAQ	f	MAQ	F	p
Zwischen den Reihen	299,027	11	27,184	2,015*	$\leq 0,05$
Innerhalb der Reihen	1497,259	111	13,488		
Insgesamt	1796,286	122			

*F tab. 11,111 = 1,88

Varianzanalyse der an den einzelnen Versuchskörpern ermittelten Werte.

Mit einem Wert von 2,015 hat die Testgröße F eine Größe erreicht, bei dem die Nullhypothese mit $p \leq 0,05$ abgelehnt wird. Um zu überprüfen, ob zwischen einzelnen Differenzpaaren doch signifikante Unterschiede bestehen, wurde der Test nach Scheffé angeschlossen. Bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit ergab sich bei keiner Kombinationsmöglichkeit ein Wert, der auf sachliche Unterschiede zwischen den Reihen hätte schließen lassen.

4.3. Prüfung der Versiegelungsoberfläche

Die beim Zähneputzen auf Zahn und Versieglung einwirkenden Kräfte können an der Oberfläche des Kunststoffes Veränderungen hervorrufen. Das Aussehen der Fläche vor und nach der Behandlung soll aufgezeigt werden.

Hierzu wurde die Versiegelungsoberfläche 15330 Bürststrichen ausgesetzt, was in der Realität 2 Jahren entspricht. (siehe 4.1.2.)

Vor und nach der Behandlung wurde die Oberfläche registriert. Eine entstandene Veränderung ist auf den Einfluß der Behandlung zurückzuführen.

Die Registrierung erfolgte mit einem Profilographen (s.Anm.), durch Abtasten der Oberfläche mit einer Registriernadel und durch Aufzeichnen des Oberflächenreliefs mit einer geeigneten Vergrößerung.

2 Versuchsreihen liefen parallel. Während bei der ersten Reihe Zahnpasta Verwendung fand, wurde statt dessen bei der zweiten Reihe entkalktes Wasser verwandt.

Voraussetzung zum Registrieren ist zunächst eine glatte Oberfläche. Zum zweiten muß die Möglichkeit gegeben sein, vor und nach der Abrasion dieselbe Strecke abtasten zu können.

Um eine glatte Oberfläche zu erreichen, wurde der flüssige Versiegelungslack in eine entsprechend präparierte Vertiefung eines Gipsblöckchens gegeben. An den oberen Rändern der Vertiefung konnte sich der Kunststoff parallel zur Oberfläche ausspannen. (Abb. 10)

Anmerkung: Hersteller: Institut Dr. Förster, Reutlingen

Jeweils 5 Flächen wurden nebeneinander auf einen Block placiert.

Vor dem Bürsten wurde der umgebende Gips soweit weggefräst, daß mögliche Fehlerquellen durch Scheuerwirkung losgelöster Gipsteilchen ausgeschlossen werden konnten.

Um bei den Messungen vor und nach der Behandlung die - selbe Strecke registrieren zu können, wurde der Block in einen Sockel eingelassen. Dieser umschloß den Block so dicht, daß keine Abweichungen nach der Seite möglich waren. Während der gesamten Versuchsdauer blieb der Sockel unverändert in der Halterung des Profilographen.

Die Bearbeitung der Oberfläche erfolgte im übrigen unter den gleichen Voraussetzungen wie unter 4.1.2. beschrieben.

Als erstes Ergebnis muß festgehalten werden, daß es nicht gelang, absolut plane auspolymerisierte kunststoffoberflächen zu schaffen. Wenn sich auch der flüssige Kunststoff vor dem Aushärten glatt zwischen den Rändern seiner Vertiefung ausspannte, so wurden doch nach dem Polymerisieren schon makroskopisch wellenförmige konzentrische Aufwerfungen beobachtet, die eine Ausmessung von Rauhtiefen unmöglich machten. Dennoch sind die gefundenen Resultate aufschlußreich.

Eine Veränderung des makroskopisch sichtbaren wellenartigen Reliefs wurde durch die mechanische Bearbeitung weder bei der Benutzung von Zahnpasta noch bei entkalktem Wasser gefunden.

Aufrauhungen der Oberfläche wurden bei den Versuchen mit Zahnpasta in allen Fällen beobachtet. Bei Verwendung von Wasser war das Ergebnis uneinheitlich. Die Oberflächen waren bis auf eine Ausnahme nur wenig aufgeraut.

Das Relief war stets, bis auf geringfügige Veränderung, das gleiche geblieben.

Die augenfällige Aufrauhung, verursacht durch die Verwendung von Zahnpasta, zeigt die Registrierung 25. Das Grundrelief ist durch die Einwirkung der Putzkörper nicht verändert worden. (Abb. 11)

Bei Registrierung 35 ist die gleiche Unversehrtheit des Grundreliefs zu beobachten. In diesem Fall erfolgte das Bürsten mit entkalktem Wasser. Aufrauungen der Oberfläche sind zwar auch hier zu sehen, jedoch in weit geringerem Maße als vorher. Stellenweise sind vorherige Rauigkeiten eingeebnet. (Abb. 12)

5. Diskussion

Das wichtigste Ergebnis dieser Untersuchung betrifft die Haftfähigkeit des Kunststoffes auf der Zahnoberfläche. Große Temperaturspannungen wirken sich in geringerem Maße als mechanische Faktoren auf die Haftung aus. An mehr als der Hälfte der Zähne zeigten sich nach großen Temperaturschwankungen keine Haftungsschäden.

Zieht man in Betracht, daß die verwendeten Temperaturbereiche in dieser Aufeinanderfolge in der Mundhöhle zwar denkbar sind, aber wahrscheinlich selten vorkommen, so sind diese Ergebnisse weniger aufschlußreich als die derjenigen Versuche, die den mechanischen Einfluß untersuchen.

Jedoch gilt hier die Überlegung, daß schon die geringste Spaltbildung den Sinn der Versiegelung in Frage stellt.
(40)

Die beim Bürsten des Zahnes auf die Versiegelungsfläche einwirkenden Kräfte haben einen größeren Einfluß auf die Haftung. Nur einer der Zähne wies nach der Behandlung keine Haftminderung auf. Es ergaben sich geringe Unterschiede bezüglich der Haftfestigkeit, je nachdem ob Zahnpasta Verwendung fand oder nicht. Wurde keine Zahnpasta verwandt, so war die Haftung insgesamt etwas besser, als bei den Versuchen mit Zahnpasta. Der Einfluß der Putzkörper, der sich an der Oberfläche zeigte, wurde auch hier sichtbar.

Die Ergebnisse zeigen eine durchweg ungenügende Haftung, sodaß die Intervalle von 2 Jahren zwischen den einzelnen Prüfungen bzw. Wiederversiegelungen als zu groß angesehen werden müssen.

Zusätzlich ist hier zu berücksichtigen, daß die Versiegelung auch beim normalen Kontakt belastet wird. Diese Kräfte wurden im Versuch nicht reproduziert, müssen aber bei der Interpretation des Ergebnisses berücksichtigt werden.

Man mag natürlich einwenden, die Haftungsprüfung mit einer Sonde sei zu ungenau, da die Prüfung der einzelnen Stellen nie mit der gleichen Kraft erfolge. Dem ist entgegenzuhalten, daß sich im Versuch selbst eine deutliche Grenze zwischen Haftung und Ablösen zeigte.

Ergaben sich Spalten schon bei geringem Druck, so genügte dies der Prüfung. Die Grenze lag dort, wo durch starken Druck die Schicht gerade noch zum Abheben gebracht wurde. An den festhaftenden Stellen wurden durch den Sonden - druck Furchen im Lack aufgerissen, ohne daß sich eine Spaltbildung ergeben hätte.

Bei der Beobachtung unter der Lupe erlaubt der unterschiedlich starke Druck eine Differenzierung der Haftfestigkeit.

Zur Beurteilung der Härte kann man sich an den gefundenen Werten orientieren.

Mit Hilfe des Gerätes Optidur erhält man eine klare Aussage über den Zusammenhang zwischen Eindringtiefe und Zeitspanne bis zur Messung. Nach einem anfänglichen Wert von 18,5 Vickershärte sank der Betrag mit wachsender zeitlicher Differenz auf einer hyperbelähnlichen Bahn.

Trotz der vom Gerät her bedingten Fehlerquellen zeigte die statistische Auswertung signifikante Unterschiede

zwischen den einzelnen Reihen.

Die Meßfehler ergaben sich bei dem Gerät Optidur aus seiner Arbeitsweise. Die Ausmessung der Diagonalen erfolgt während der Diamant in den Prüfkörper eindringt. Mit dem weiteren Eindringen ändert sich der Fixpunkt der Meßskala an dem Anfang der Diagonalen. Die Diagonale weist also am Anfang der Messung einen kleineren Wert auf als am Ende der Messung. Entsprechend ist es bei der zweiten Diagonalen des eingedrückten Quadrates, deren Ausmessung sofort anschließend erfolgt. (Abb. 14)

Eine Härte, die für eine bestimmte Zeit definiert ist, erhält man bei dem Gerät Durimet. Nach 10 sec Eindringdauer ergab sich ein Mittelwert von 21,5 auf der Härteskala nach Vickers.

Wegen der kurzen Zeitspanne von 10 sec zwischen Aufsetzen und Abheben des Diamanten liegen Diagonalenlänge und zugehörige Härte nicht auf der mit dem Gerät Optidur gefundenen Kurve. Dort fing die Messung erst nach 0,5 min an.

Theoretisch hätte sich aus der Varianzanalyse dieser Untersuchung keine Signifikanz ergeben dürfen. Da der gefundene Wert in die Nähe des Schwellenwertes reichte, wurde der Test nach Scheffé angeschlossen. Hierbei fiel auf, daß die Werte der 10. Versuchsreihe stark von denen der anderen Reihen abwichen. Schon die Diagonalenlänge fiel hier etwa 3 μ niedriger aus als bei den anderen Reihen. Aus dem Ergebnis des Scheffé-Testes muß geschlossen werden, daß die Werte der 10. Versuchsreihe auf anderen Ursachen als auf einfachen Meßfehlern beruhen.

Unvollständiges Aushärten des Materials scheidet aus, da die Diagonale in diesem Fall verlängert wäre. Der Fehler könnte in der ungenügenden Durchmischung des flüssigen Kunststoffes liegen, sodaß dieser inhomogen aushärtete.

Die Oberfläche des Versiegelungskunststoffes bot den abrasiven Kräften der Zahnbürste ausreichenden Widerstand. Das grobe Oberflächenrelief war in allen Fällen erhalten geblieben. Rauigkeiten traten in verstärktem Maße nur bei der Abrasion mit Zahnpasta auf.

Um die Oberfläche registrieren zu können, mußten diese Versuche an planen Flächen durchgeführt werden.

Bei versiegelten Zähnen geben die Höcker den Borsten eine gewisse Führung, wodurch bestimmte Stellen, etwa ein zur zentralen Fissur hinreichender Höcker, den Bürstenstrichen besonders stark ausgesetzt sind. Diese Akkumulation konnte in diesem Versuch nicht nachgeahmt werden. Die kleinen Erhebungen an Profil 25 zeigen weder an der Seite noch von der Spitze her Abtragungen. Es ist aus dem Profil nicht zu erkennen, welche "Bergseite" den Borsten besonders stark ausgesetzt war. Eine durch Kumulation abrasiver Kräfte eingetretene Wirkung konnte an der glatten Oberfläche nicht nachgewiesen werden. An dieser Stelle verstärkter Krafteinwirkung zeigen allerdings die Versuche zur Haftfähigkeit eine eindeutige Herabsetzung der Haftung.

6. Zusammenfassung

Es wurde die Versiegelungsmethode NUVA-SEAL untersucht. Die Schwerpunkte waren hierbei die Haftung der Versiegelung, ihre Härte und Oberfläche. Bei der Haftung wurden thermische Faktoren von mechanischen getrennt untersucht. Bei beiden Untersuchungen hielt die Versiegelung der anschließenden Haftungsprüfung mit einer spitzen Sonde in den wenigsten Fällen Stand. Während die thermische Behandlung an 20 Prüfstücken in mehr als der Hälfte der Fälle ohne Wirkung blieb, ergab die mechanische Bearbeitung von 20 versiegelten Okklusalfächen mit der Zahnbürste in fast allen Fällen eine Verminderung der Haftung an mindestens einer Stelle. Die physiologische Kaubelastung ist hierbei nicht erfaßt.

Die Mikrohärtte wurde nach der Methode von Vickers mit 2 verschiedenen Geräten untersucht. Einmal wurden mehrere Messungen über einen bestimmten Zeitraum hinweg ausgeführt (Gerät Optidur, Messung zu 7 verschiedenen Zeitpunkten). Das andere Mal wurde nur zu einem genau fixierten Zeitpunkt gemessen. (Gerät Durimet, 12 Prüfflächen mit je 10 Messungen). Das Gerät Optidur lieferte als Ergebnis eine hyperbelähnliche Kurve. Eine endgültige Härte war auch bei langen Meßzeiten nicht festzustellen. Bei dem Härteprüfer Durimet wurde für die Eindringdauer des Diamanten von 10 sec eine Härte von 21,5 der Vickersskala ermittelt.

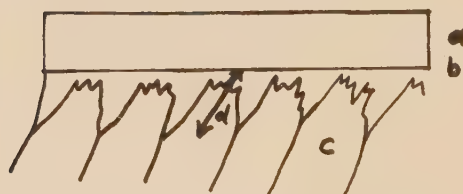
Das Verhalten der Versiegelungsoberfläche bei mechanischer Beanspruchung wurde im letzten Teil der Arbeit untersucht. Ein Vergleich der Registrierungen, die vor und nach der Behandlung aufgezeichnet wurden, ergab keine Anzeichen für eine starke Abrasion. Zwei Versuchsgruppen liefen parallel: eine Gruppe wurde mit Zahnpasta gebürstet, die andere stattdessen mit entkalktem Wasser. Das Grundrelief blieb in beiden Fällen erhalten. Die Kurven sind glatter als die der 2. Gruppe. Die Schleifwirkung der Zahnpasta ist zu beobachten.

Abb. 1

Tiefe der Fissur	Form der Fissur		
	keine	schmal	breit
keine			
auf peripheren Schmelz beschränkt			
bis in den dentinnahen Schmelz			

Systematik der Fissurentypen nach Zuhrt und Vierus

Abb. 2



- a. Versiegelungskunststoff
- b. ursprüngliche Oberfläche
- c. Schmelzprismen
- d. Strecke von 25 μ

Abb. 3

I Zahn im Schnitt

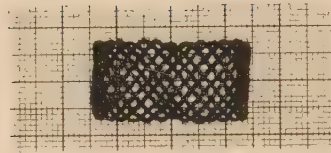


- a. Zahn
- b. Versiegelung über der Fissur
- c. An den inneren Abhängen hochziehendes Kunstharz läuft in dünnen Fahnen aus.
- d. Nach der Versiegelung verbleibendes unpolymerisiertes Material.
- e. Reste unpolymerisierten Kunststoffes, die auch nach dem Abwischen auf dem Schmelz bleiben.

II Zahn von okklusal



Abb. 4



Bewegungsschema des Gerätes "Minidrive"

Abb. 5

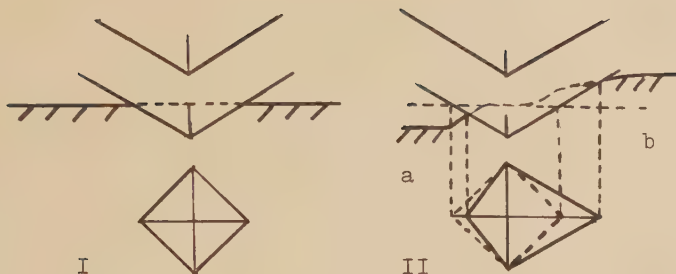


Beispiel einer Versiegelungsfläche
von okklusal.

Durchgezogene Linie: Ausdehnung der
Versiegelung vor dem Bürsten.

Gepunktete Linie: Versiegelungsoberfläche
nach der Abrasion.

Abb. 6



Impression einer umgekehrten Diamantpyramide. Bei ebener Oberfläche erscheint bei der Betrachtung von oben ein Quadrat. (I) Unebenheiten verändern die Diagonalenhälften (II): Vertiefungen verkürzen die Werte (a), Erhebungen verfälschen das Ergebnis durch zu lange Diagonalenhälften. (b)

Abb. 7



Impression 1: Zum Zeitpunkt x_1 sind die Diagonalenhälften gleich lang.
Impression 2: Zum späteren Zeitpunkt x_2 wurden Unebenheiten der Oberfläche erfasst. Durch eine Einsenkung der Fläche ist die Hälfte b verkürzt, so daß die ganze Diagonale einen zu kleinen Wert ergibt.

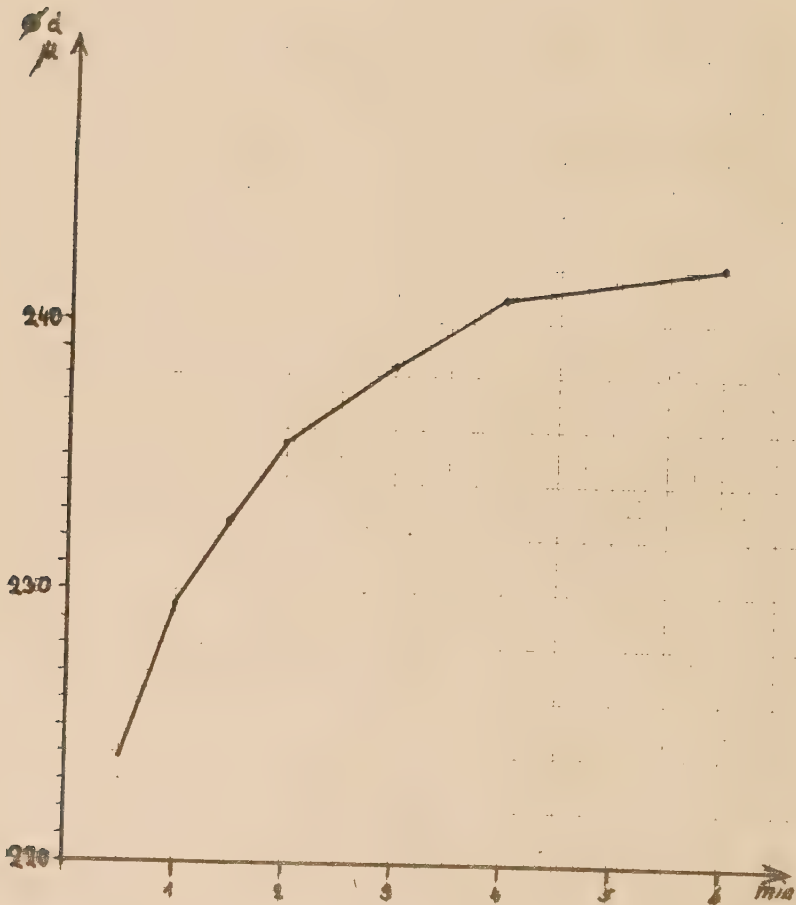
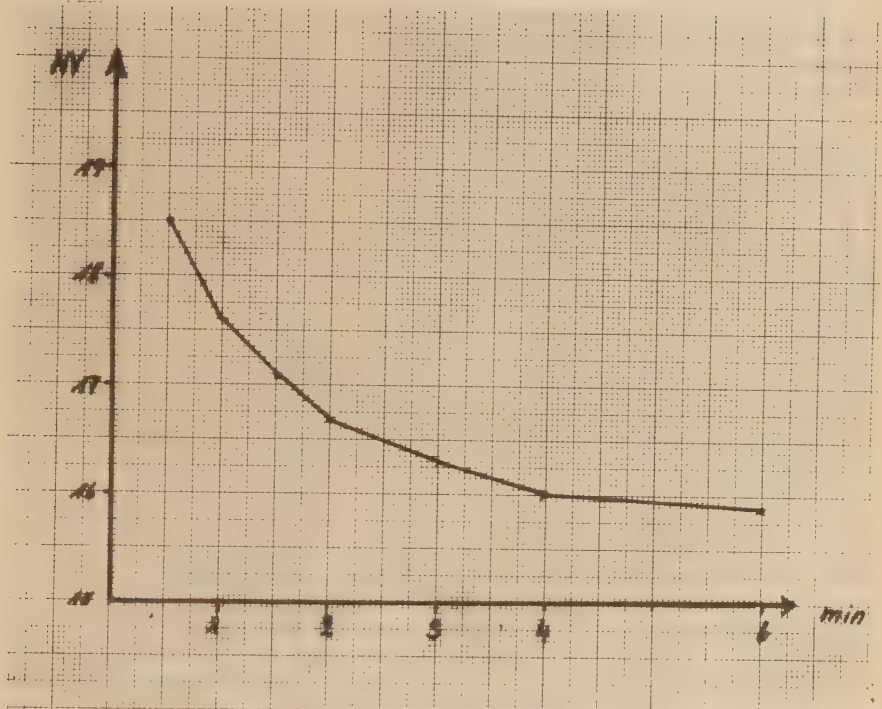


Diagramm:

Bei den ersten schon es waren zeigen die Dia-
gramme die relativ starke Abweichungen.

Die Abweichungen zu späteren Zeitpunkten ergeben einen
Kurveverlauf, der einer typischen ...

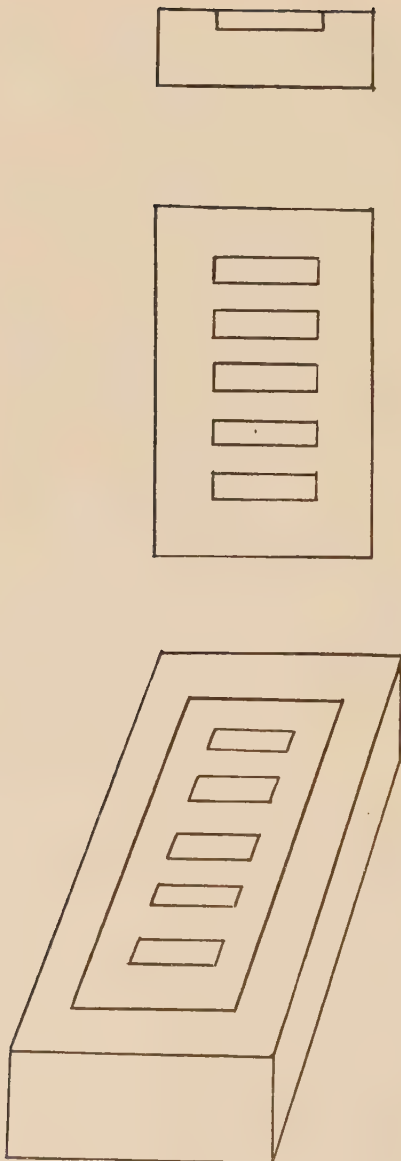
Abb.



Härtediagramm:

Dieses Diagramm gibt sinngemäß das gleiche wieder, was schon das Diagonalendiagramm aussagt. Auch bei längerer Eindringdauer wird keine Endhärte festgestellt. Das Prüfgewicht dringt weiter in das zu prüfende Material ein.

Abb. 10



Gipsblock mit Kunststoff in Seit- und Aufsicht,
eingelassen in den Sockel

Abb. 11

vorher $R_{\text{e}} 30 \mu$

nachher $R_{\text{e}} 30 \mu$

Oberflächenrelief des Versiegelungskunststoffes bei
1000 facher Vertikalvergrößerung und gleichzeitiger
20 facher Streckung in der Horizontalen

Abb. 12

vorher $\times 30\mu$

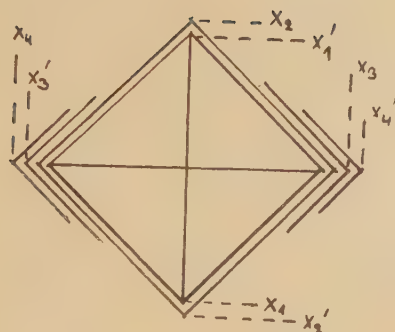


nachher $\times 30\mu$



Oberflächenrelief des Versiegelungskunststoffes bei
1000 fachen Vertikalvergrößerung und gleichzeitiger
20 facher Streckung in der Horizontalen

Abb. 13



$x_1 - x_1'$: Diagonalenlänge am Anfang der Messung.

x_1 : Fixpunkt zum Ausmessen der Länge.
In der Zeit vom Fixieren des Punktes x_1 bis zum Einstellen des Punktes x_1' hat sich die Diagonalenhälfte durch weiteres Einsinken des Diamanten in den Kunststoff von x_1' auf x_2 verlängert.

In Realität wird also nicht von x_1 nach x_1' gemessen, sondern die Strecke $x_1 - x_2$. Derselbe Vorgang wiederholt sich beim Vermessen der anderen Diagonalen.

1. Awasawa, Y.
Morphological reinvestigation of fissures
susceptible to caries
Nichidai Shigaku 41: 653-667 (1967)
Zitiert nach Eto, M. (Nr. 18)
2. Berner, L.
Réalisation pratique dans la prophylaxie de
la carie dans les écoles de Suisse
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 78: 1172-1173
(1968)
3. Beyeler, K. und M. Mooser
Zahnabrasionen, Zahnfleischverletzungen
und tägliche Mundhygiene
Dtsch. zahnärztl. Z. 15: 1443-1448 (1960)
4. Beyeler, K. und M. Mooser
Recherches à propos du nettoyage des dents
avec des brosses à brins naturels et en
matières synthétiques
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 70: 123-152
(1960)
5. Blendax-Werke, Mainz
persönliche Mitteilungen von H. Harth
6. Rodewald, O.F.
Enamel fissure eradication
N.Y. St. dent. J. 30: 149-155 (1964)

7. Bodecker, C.F.
Dental caries immunization without filling
N.Y.St. dent. J. 30: 337-339 (1964)
8. Buonocore, M.G.
Antwort an den Herausgeber der ADA NEWS
ADA NEWS vom 17.8.1970
(Übersetzung als Informationsmaterial von
der Firma De Trey, Wiesbaden übersandt)
9. Buonocore, M.G.
A simple method of increasing the adhesion
of acrylic filling materials to enamel
surfaces
J. dent. Res. 34: 849- 853 (1955)
10. Buonocore, M.G.
Principles of adhesive retention and adhesive
restaurative materials
J. Amer. dent. Ass. 67: 383- 328 (1963)
11. Buonocore, M.G.
Adhesive sealing of pits and fissures for
caries prevention, with use of ultraviolet
light
J. Amer. dent. Ass. 80: 324-328 (1970)
12. Buonocore, M.G.
Caries prevention in pits and fissures
sealed with an adhesive resin polymerized
by ultraviolet light
J. Amer. dent. Ass. 82: 1090-1093 (1971)

13. Buonocore, M.G., A. Matsui und A.J.Gwinnett
Penetration of resin dental materials into
enamel surfaces with references to bonding
Arch. oral. Biol. 13: 61-70 (1968)
14. Buonocore, M.G., A. Matsui und M. Yamaki
Abrasion of restaurative materials
N.Y.St. dent. J. 32: 395-406 (1966)
15. Carl NUVA-SEAL
Fissurenversiegelung, Fragen und Antworten
A.1.72 / E
Informationsmaterials von der Firma De Trey
Wiesbaden
16. Cueto, E.I. und M.G. Buonocore
Sealing of pits and fissures with an adhesive
resin: its use in caries prevention
J. Amer. dent. Ass. 75: 121-123 (1967)
17. De Trey GmbH
52 Wiesbaden
Informationsmaterial über NUVA-SEAL
(Hinweise zur Bedienung des Gerätes und
zur Verarbeitung des Kunststoffes)
18. Eto, M.
Study on effect of sealing of the pit and
fissure with resin adhesive: conditon of
the seales material after tensile destruction
Bull. Tokyo dent. Coll. 11: 141-154 (1970)

19. Franke, G.
Symposion über Kariesprophylaxe durch
Fluoride
Zahnärztl. Mitt. 10: 491-492 (1969)
20. Fuhlrott, E.
Propylaxe - anders
Zahnärztl. Mitt. 1: 7 (1969)
21. Gore, J.T.
Etiology of dental caries immunisation
experiments
J. Amer. dent. Ass. 26: 958-959 (1939)
22. Gwinnett, A.J. und M.G. Buonocore
Adhesives and Caries Prevention
Brit. dent. J. 119: 77-80 (1965)
23. Gwinnett, A.J. und A. Matsui
A study of enamel adhesives
Arch. oral. Biol. 12: 1615-1620 (1967)
24. Harrington, J.
Automatic and hand toothbrushing abrasion
studies
J. Amer. dent. Ass. 68: 343-350 (1964)
25. Hartlmaier, K.M.
Immer wieder Fluoridierung
Zahnärztl. Mitt. 12: 579 (1959)

26. Heuser, H.
Die Bedeutung des Speichels bei der
kariesprophylaktischen Anwendung von
Fluorpräparaten durch Touchierung
Dtsch. zahnärztl. Z. 12: 1345-1351 (1957)
27. Heuser, H. und H.F.M. Schmidt
untersuchungen über die verschiedene
Widerstandsfähigkeit der einzelnen
lichtmikroskopischen Strukturbestand-
teile des menschlichen Zahnschmelzes
gegenüber Säuren
Stoma (Heidelb.) 15: 1-10 (1962)
28. Hoffmann-Axthelm, W.
Zahnärztliches Wörterbuch
München 1958
29. Kaneko,
Kariesprophylaxe durch Versiegelung von
Zahnfissuren.
Dtsch. zahnärztl. Z. 9: 345-348 (1971)
30. Izu, T.
Electric resistance measurement in diagnosis
of sealing condition after caries preventive
sealing of pits and fissures with adhesive
resin
Shikwa Gakuho 67: 279-314 (1967)
Zitiert nach Eto, M. (Nr. 18)

31. König, K.G.
Dental morphology in relation to caries
resistance with special reference to
fissures as susceptibles areas
J. dent. Res. 42: 461-466 (1963)
32. König, K.G.
Möglichkeiten der Kariesprophylaxe beim
Menschen und ihre Untersuchung im kurz-
fristigen Rattenexperiment
Bern, Stuttgart 1966
33. Joller, H.
Neue graphische Tafeln zur Beurteilung
statistischer Zahlen
4. Aufl. Darmstadt 1969
34. Meyer, K.
Tafeln zur Ermittlung der Vickershärte
Berlin, Köln, Frankfurt (M) 1968
35. Miake, K.
Application of RI technique on the sealing
effect of method of caries prevention by
sealing of the pit and fissure with resin
adhesive
Shikwa Gakuho 68: 1130 (1968)
Zitiert nach Eto, M. (Nr. 18)
36. Miller, W.D.
Die Mikroorganismen der Mundhöhle
Leipzig 1889

37. Müller, K.
(Staatliche Materialprüfungsanstalt ,
Kunststoffabteilung, Darmstadt)
persönliche Mitteilungen
38. Naujoks, R.
Ursachen der Zahnkaries
in: Praxis der Zahnheilkunde Band I
Hrsg.: Haunfelder, Ketterl et al.
München, Berlin, Wien 1968
39. Nelson, J.R., R.B.Wolcott und G.C.Pfaffenberger
Fluid exchange at the margins of dental
restaurations
J. Amer. dent. Ass. 44: 288-295 (1952)
40. Pilz, W.
Einige kritische Bemerkungen zur lokalen
Kariesprophylaxe des Kauflächenreliefs
Dtsch. zahnärztl. Z. 23: 755-767 (1968)
41. Pilz, W. und M. Arnold
Prinzip und Probleme der Fissurenver-
siegelung
Dtsch. Stomat. 21: 163-167 (1971)
42. Ripa, L.W. und W.W.Cole
Occlusal Sealing and Caries Prevention
J.dent. Res. 49: 171 (1970)
43. Robinson, H.B.G.
Toothbrushing habits of 405 persons
J. Amer. dent. Ass. 33: 1112-1117 (1947)

44. Roydhouse, R.H.
Prevention of Occlusal Fissure Caries
by Use of a Sealant: A Pilot Study
J. Dent. Child. 35: 253-262 (1968)
45. Schmidt, H.F.M.
Prophylaxe der Zahnkaries
Stoma (Heidelb.) 22: 216-244 und 23: 1-40
(1969, 1970)
46. Schrøder, P. und J.J.Holst
Report of the NUVA-SEAL method's effective-
ness after six months
Danish Dental - Journal (1972)
(Übersetzung von der Firma De Trey als
Informationsmaterial übersandt)
47. Sonnacens, B. und A.Schneemann
Zur kariesfrequenz der approximalen Zahn -
flächen und deren Bedeutung besonders für
die Therapie
Dtsch. zahnärztl. Z. 23: 1049-1062 (1968)
48. Sperr, W. und H.Tschamer
Untersuchungen über die Oberflächenver -
hältnisse menschlicher Zähne und deren
Bedeutung für die Zahnheilkunde
Stoma (Heidelb.) 22: 201-207 (1969)
49. Takeuchi, M. et al.
Sealing of the pit and fissure with resin
adhesive
Bull. Tokyo dent. Coll. 12: 295-316 (1971)

50. Kuroki I. und M. Iizumi
Sealing of the pit and fissure with resin
adhesive
Bull. Tokyo dent. Coll. 7: 50
51. Triaden, H.
Überblick über die rationellsten Karies-
prophylaxemaßnahmen
Dtsch. Zahnärztebl. 12: 567-569 (1968)
52. Vicino, D.A. und R.W. Phillips
Influence of certain variables on the
abrasion of acrylic resin veneering
materials
J. prosth. Dent. 12: 720-730 (1962)
53. Jevon, J.
The harmlessness of fluoridation of
drinking water
Can. dent. J. 35: 5-1 (1960)
54. Zuhrt, A., G. Guschel und J. Vierns
Fissurenquerschnitt und Kariesdisposition
Dtsch. Stomat. 21: 161-163 (1971)
55. Zuhrt, A. und J. Vierns
Zur metrischen Bestimmung und patho-
genetischen Bedeutung der Fissurenformen
Dtsch. Stomat. 21: 160-163 (1971)

Herrn Professor Dr. Dr. W. Ketterl möchte ich für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung danken.

Ebenfalls möchte ich Frau Dr. Ehrenberg-Kieckebusch (Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz, Direktor: Prof. Dr. Dr. S. Koller) für ihre Beratung beim statistischen Teil der Arbeit meinen Dank aussprechen.

Lebenslauf

Am 1. Juli 1949 wurde ich als dritter Sohn des Bundesbahnnamtmanns Philipp Closhen und seiner Ehefrau Hildegard geb. Kilimann in Münster - Sarmsheim geboren.

Die Einschulung in die Volksschule zu Münster - Sarmsheim erfolgte 1956.

Ab 1960 besuchte ich das Stefan - George - Gymnasium in Bingen, wo ich 1968 die Reifeprüfung ablegte.

Seit dem Herbst 1968 bin ich in der Johannes Gutenberg - Universität in Mainz immatrikuliert. Nach einem Semester an der naturwissenschaftlichen Fakultät (Fachrichtung Physik, Chemie, Biologie) konnte ich zum SS 1969 zur medizinischen Fakultät (Richtung Zahnmedizin) überwechseln.

Die zahnärztliche Vorprüfung bestand ich im Frühjahr 1971.

Zur Zeit befinde ich mich im 10. Fachsemester.

